

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penelitian-Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu bertujuan untuk menganalisis dan membahas lebih lanjut penelitian ini, serta membandingkannya dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Sebagai bagian dari penelitian ini, berikut jurnal nasional dan internasional yang meneliti konsep “Near Infrared (NIR)”. Tabel 2.1 dibawah ini menunjukkan *State of the Art*.

Tabel 2.1 *State of The Art*

No.	Nama Peneliti	Metode yang digunakan	Kekuatan	Kelemahan
1	AbdelGawad Saad dkk (2016) [2]	VIS-NIR (visible-near infrared)	Metode yang digunakan memungkinkan pemantauan kualitas buah tomat secara non-destruktif.	Metode ini bergantung pada rentang spektrum tertentu, dengan parameter yang mungkin memiliki tingkat ketepatan yang bervariasi tergantung pada lokasi spektrum yang dipilih.
2	Sulistyo dkk (2021) [5]	Neural Networks Ensemble (NNE)	Kemudahan penggunaan, berbeda dengan beberapa spektrometer NIR	Metode ini bergantung pada model Neural Networks yang membutuhkan penyetulan

			skala laboratorium yang lebih besar.	parameter yang rumit dan memerlukan keahlian khusus.
3	Ahmad, Usman (2018) [6]	spektroskopi NIR dan metode Partial Least Square (PLS)	Jurnal ini memiliki fokus pada aspek-aspek kematangan yang krusial, seperti kelembaban, jumlah padatan terlarut, dan kekerasan daging buah. Hal ini menyediakan informasi yang sangat penting terkait mutu buah.	Ketergantungan pada satu jenis spektrometer, yaitu alat NIR Flex N-500 Fiber Optik Solid

Berdasarkan Tabel 2.1, dapat disimpulkan dari tiga penelitian sebelumnya. Penelitian pertama oleh AbdelGawad Saad dkk (2016) menggunakan metode VIS-NIR untuk memantau kualitas tomat secara non-destruktif, namun metode ini tidak berfokus secara khusus pada spektrum NIR.

Penelitian kedua oleh Sulistyio dkk (2021) memanfaatkan model Neural Networks Ensemble (NNE) untuk melakukan analisis kualitas tomat dengan lebih efisien. Meski demikian, pendekatan ini membutuhkan pengaturan parameter yang kompleks dan membutuhkan keahlian khusus.

Penelitian ketiga oleh Ahmad Usman (2018) menggunakan spektroskopi NIR dengan perangkat spektrometer NIR Flex N-500 Fiber Optik Solid dan metode Partial Least Square (PLS) untuk mengevaluasi kematangan tomat. Walaupun alat ini akurat, ia tidak portabel, kurang praktis untuk aplikasi di lapangan, dan memiliki biaya yang relatif tinggi.

2.2 Tomat

Lycopersicum esculentum mill merupakan sebutan buah tomat secara ilmiah, tanaman ini berjenis horikultura. Salah satu variasinya dikenal sebagai tomat plum atau *Lycopersicon lycopersicum* [1]. Tomat banyak dikonsumsi dalam bentuk segar maupun yang sudah diolah. Tomat memiliki kemampuan meningkatkan kesehatan dan mengurangi resiko penyakit seperti kanker, osteoporosis, dan penyakit kardiovaskular, berkat kandungan antioksidan yang terkandung didalamnya [2].

Buah tomat umumnya dapat dipetik dalam rentang waktu 70-100 hari setelah ditanam. Kriteria optimal untuk panen melibatkan pengamatan terhadap beberapa faktor, seperti warna kulit buah, ukuran buah, kondisi daun dan batang tanaman. Panen dilakukan saat kulit buah mengalami perubahan dari hijau menjadi kuning-kuningan, tepi daun tua mengering, dan batang tanaman menguning atau mengering. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan waktu panen, termasuk pendekatan visual dengan memperhatikan warna dan ukuran buah, pendekatan fisik dengan mengukur berat jenis buah, analisis kimia untuk mengukur kandungan zat padat dan zat asam buah, perhitungan berdasarkan jumlah hari setelah bunga mekar, serta pendekatan fisiologis dengan memonitor pola respirasi tanaman [7].

Tingkat kematangan tomat umumnya dibagi menjadi tiga tahap yaitu, masak hijau, setengah matang, dan matang. Pada tahap masak hijau, ujung buah tomat mulai berubah menjadi kuning gading. Pada tahap setengah matang, ujung buah berubah menjadi merah muda atau merah. Sedangkan pada tahap matang, warna buah tomat berubah menjadi merah cerah [8].

Kematangan buah tomat, di negara-negara maju, standar kematangan tomat lebih rinci berdasarkan pada perubahan warna. Warna diidentifikasi dalam enam tahap menurut standar *united states departement of agriculture* (USDA), yaitu *green* (100% hijau), *breaker* (kemerahan kurang dari 10%), *turning* (kemerahan antara 10%-30%), *pink* (kemerahan antara 30%-60%), *light red* (kemerahan antara 60%-90%), dan *red* (kemerahan lebih dari 90%) [7]. Agar memudahkan

pembacaan, perubahan warna kematangan buah tomat dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Tabel Tingkat Kematangan Tomat

Tingkat Kematangan	Deskripsi	Presentasi Kemerahan
Green	100% hijau	0%
Breaker	Kemerahan kurang dari 10%	< 10%
Turnin	Kemerahan antara 10% - 30%	10%-30%
Pink	Kemerahan antara 30% - 60%	30%-60%
Light Red	Kemerahan antara 60% - 90%	60%-90%
Red	Kemerahan lebih dari 90%	>90%

Tabel 2.2 ini menggambarkan enam tahap kematangan tomat, dari tahap "Green" hingga "Red," sesuai dengan persentase kemerahan yang diidentifikasi dalam standar USDA.

2.3 *Near Infrared* (NIR)

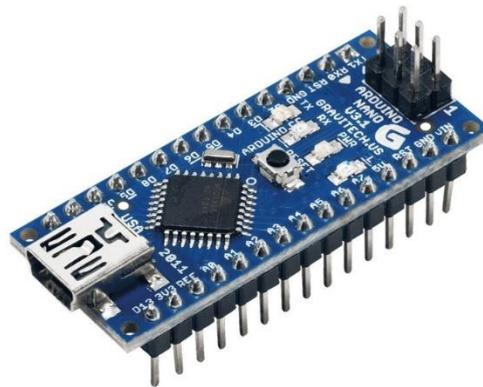
Teknologi inframerah dekat telah dikembangkan sebagai pendekatan yang tidak mengakibatkan kerusakan, mampu melakukan analisis dengan kecepatan tinggi, tidak menyebabkan pencemaran lingkungan, menggunakan sampel yang mudah, dan tidak memerlukan penggunaan senyawa kimia tambahan [9]. Panjang gelombang di dalam wilayah *near infrared* (NIR) berkisar antara 780nm hingga 2500 nm [10].

Penggunaan spektroskopi *near infrared* (NIR) sebagai teknik tidak merusak sudah banyak yang menggunakan untuk mengukur kualitas tomat matang [11]. Memanfaatkan spektroskopi NIR dalam mengukur parameter-parameter tomat seperti warna, kandungan entilen, tingkat kekenyalan, pH, padatan terlarut, dan tingkat keasaman [11]. Pengaruh suhu penyimpanan pada kekenyalan, kadar air, dan konsentrasi enzim pengurai pektin pada tomat diinvestigasi melalui pengukuran sifat optiknya [11]. Memanfaatkan sistem pencitraan hiperspektral untuk melakukan pengukuran sifat optik sejumlah buah, termasuk tomat, dalam rentang panjang gelombang 500-1000 nm. Mereka mencatat bahwa data spektral mampu menggambarkan perubahan dalam kandungan klorofil dan likopen pada tomat selama proses pematangan [11].

Meskipun telah banyak upaya penelitian, hanya sedikit laporan mengenai prediksi kematangan tomat hijau dan tidak ada yang menggunakan instrumen genggam [11]. Sebuah spektrometer tipe bangku yang memiliki kepadatan tinggi dan bersifat tidak portabel digunakan untuk mengukur transmisi cahaya pada rentang panjang gelombang 450nm hingga 800nm [11]. Pengklasifikasian buah dilakukan secara terpisah ke dalam empat atau dua kategori kematangan [11]. Dalam skema klasifikasi empat kategori, kematangan didefinisikan berdasarkan rasio warna merah/hijau sebesar 75% pada permukaan luar tomat dalam skema klasifikasi dua kategori, kematangan didefinisikan sebagai tomat yang menunjukkan rasio warna merah/hijau sebesar 75% [11].

2.4 Arduino Nano

Arduino merupakan sebuah *platform* elektronik yang bersifat *open source* serta mudah untuk dioperasikan [12]. Arduino Nano merupakan suatu papan kendali yang berukuran kecil digunakan untuk mengatur perangkat elektronik [13]. Arduino Nano ini menggunakan mikrokontroler Atmega328 untuk versi 3.x atau Atmega168 untuk versi 2.x [14].



Gambar 2.1 Arduino Nano

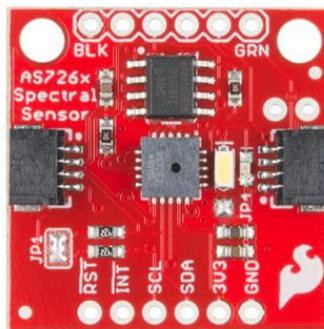
Tabel 2.2 dibawah ini merupakan gambaran lebih jelas mengenai kemampuan dan fitur yang dimiliki oleh Arduino Nano. Berikut ini spesifikasi dari board mikrokontroler Arduino Nano.

Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Nano

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	Atmega328
Arsitektur	AVR
Tegangan Operasi	5V
Memori Flash	32 KB
SRAM	2 KB
Kecepatan Clock	16 MHz
EEPROM	1 KB
Arus DC I/O	20 mA (per I/O pin)
Tegangan Masukan	7-12V
Digital I/O	22 (6 diantaranya PWM)
Konsumsi Daya	19 mA

2.5 Sensor AS7263 NIR

AS7263 merupakan spektrometer digital dengan 6 saluran yang digunakan untuk mengidentifikasi spektrum cahaya pada wilayah panjang gelombang *near* inframerah (NIR). Spektrometer ini dilengkapi dengan 6 *filter* optik independen yang merespons spektrum cahaya dalam rentang NIR, yang berkisaran antara 600nm hingga 870nm, dan memiliki lebar puncak setengah maksimum (FWHM) sebesar 20nm. Untuk mendukung aplikasi *shutter* elektronik, AS7263 juga dilengkapi dengan LED terintegrasi yang dapat diprogram untuk mengatur arusnya [15].



Gambar 2.2 Sensor AS7263 NIR

Sensor AS7263 memiliki enam saluran, yaitu saluran R, S, T, U, V, dan W yang masing-masing merespons cahaya pada panjang gelombang yang berbeda-beda [5]. Detail panjang gelombang setiap saluran dapat dilihat pada Tabel 2.3 di bawah ini.

Tabel 2.4 Panjang Gelombang Setiap Saluran

Saluran	Panjang Gelombang (nm)
R	610nm
S	680nm
T	730nm
U	760nm
V	810nm
W	860nm

Adapun beberapa manfaat dan fitur yang ditawarkan dari sensor AS7263 NIR. Detail manfaat dan fitur sensor AS7263 dapat dilihat pada Tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2.5 Manfaat dan Fitur AS7263

Manfaat	Fitur
Solusi spektrometri 6-kanal yang ringkas.	6 kanal near-IR: 610nm, 680nm, 730nm, 760nm, 810nm, dan 860nm, masing-masing dengan FWHM 20nm.
Antarmuka perintah yang sederhana berbasis teks melalui UART, atau baca tulis register langsung dengan interupsi pada sensor di I2C.	Antarmuka digital UART atau I2C <i>slave</i> .
Pengukuran yang dikalibrasi seumur hidup tanpa terpengaruh penyimpangan waktu dan suhu.	Set filter NIR diwujudkan oleh filter interferensi silikon.
Tidak memerlukan pengkondisian sinyal tambahan.	ADC 16-bit dengan akses digital.
Kontrol/sinkronisasi rana elektronik.	Driver LED yang dapat diprogram.
Operasi tegangan rendah	2,7V hingga 3,6V dengan antarmuka I2C,
Perangkat kecil dan kokoh.	Paket LGA 20-pin berukuran 4,5mm x 4,7mm x 2,5mm, dengan rentang suhu -40°C hingga 85°C.

Dari Tabel 2.5 kita dapat melihat bahwa sensor AS7263 menawarkan solusi spektrometri yang kompak dengan fitur-fitur canggih seperti antarmuka perintah sederhana melalui UART atau I2C, pengukuran yang dikalibrasi seumur hidup, dan operasi pada tegangan rendah.

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi untuk menampilkan kondisi atau parameter dalam sistem tertanam. Layar LCD dirancang khusus untuk beroperasi dengan mikrokontroler [16]. Layar LCD mampu menampilkan 16 karakter per baris dan memiliki dua baris karakter. Setiap karakter diatur dalam matriks piksel [13].



Gambar 2.3 LCD 16x2

LCD memiliki 16 pin seperti yang terlihat pada Tabel 2.6 Diagram Pin LCD 16x2. Diantaranya, 8 pin data diberi nomor D0-D7, sedangkan 3 pin kendali diberi inisial RS, RW, dan EN. Selain itu, LCD memiliki pin lain, termasuk suplai dan 5 pin lampu latar [16].

Tabel 2.6 Diagram Pin LCD 16x2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Ground	Power	Contrast	RS	RW	E	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	LED +	LED -

Pada Tabel 2.7, dapat dilihat spesifikasi lengkap dari LCD 16x2, yang mencakup berbagai detail penting seperti tegangan pengoperasian, ukuran tepi layar, arus operasi, dan sebagainya.

Tabel 2.7 Spesifikasi LCD 16x2

Spesifikasi	Detail
Tegangan Pengoperasian	4,7V – 5,3V
Ukuran Tepi Layar	72 x 25 mm
Arus Operasi	1mA tanpa lampu latar
Pengontrol	HD47780
Warna LED Lampu Latar	Hijau atau Biru
Jumlah Kolom	16
Jumlah Baris	2
Jumlah Pin LCD	16
Mode Operasi	4-bit dan 8-bit

Dengan spesifikasi tersebut, LCD 16x2 ini sangat cocok untuk digunakan dalam berbagai aplikasi mikrokontroler, termasuk untuk menampilkan informasi singkat dan instruksi pada perangkat tertanam.

2.7 I2C Serial Interface LCD Module

I2C merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk berinteraksi dengan perangkat lainnya. Jalur I2C terdiri dari dua jalur bus yang disebut SDA dan SCL. Jalur SDA berfungsi sebagai jalur data, sementara jalur SCL berfungsi sebagai jalur clock. Kedua jalur ini memiliki karakteristik open drain, yang berarti bahwa IC ini dapat mengendalikan output rendah, namun tidak dapat mengendalikan output tinggi [13].



Gambar 2.4 I2C

Keuntungan dari modul I2C serial LCD modul ini adalah menyederhanakan koneksi sirkuit, menghemat beberapa pin I/O pada papan Arduino, serta menyederhanakan pengembang *firmware* dengan adanya *library* Arduino yang banyak tersedia [17]. Pada Tabel 2.8 dibawah ini merupakan spesifikasi data singkat dari I2C *serial* LCD.

Tabel 2.8 Spesifikasi I2C

Spesifikasi	Keterangan
Kompabilitas	Kompatibel dengan Arduino board atau board kontroler lainnya dengan bus I2C
Tipe Tampilan	Putih negatif dengan latar biru/hijau
Alamat I2C	0x38 – 0x3F (setelan bawaan 0x3F)
Pasokan Tegangan	5V
Antarmuka	I2C ke 4-bit data LCD dan jalur kontrol
Penyesuaian Kontras	Potensiometer terintegrasi
Ukuran Board	80 x 36 mm

2.8 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis program, melakukan kompilasi menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke dalam memori mikrokontroler. Perangkat lunak ini menggunakan bahasa pemrograman Java [18]. Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang terdiri dari:

- *Editor Program*
Sebuah jendela yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *processing* [18].
- *Compiler*
Karena mikrokontroler tidak bisa mengenali bahasa *processing*, *compiler* ini dapat mengkonversi kode program menjadi bentuk biner [18].

- *Uploader*

Uploader ini berfungsi untuk memuat kode biner dari komputer ke dalam memori pada board arduino [18].